

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

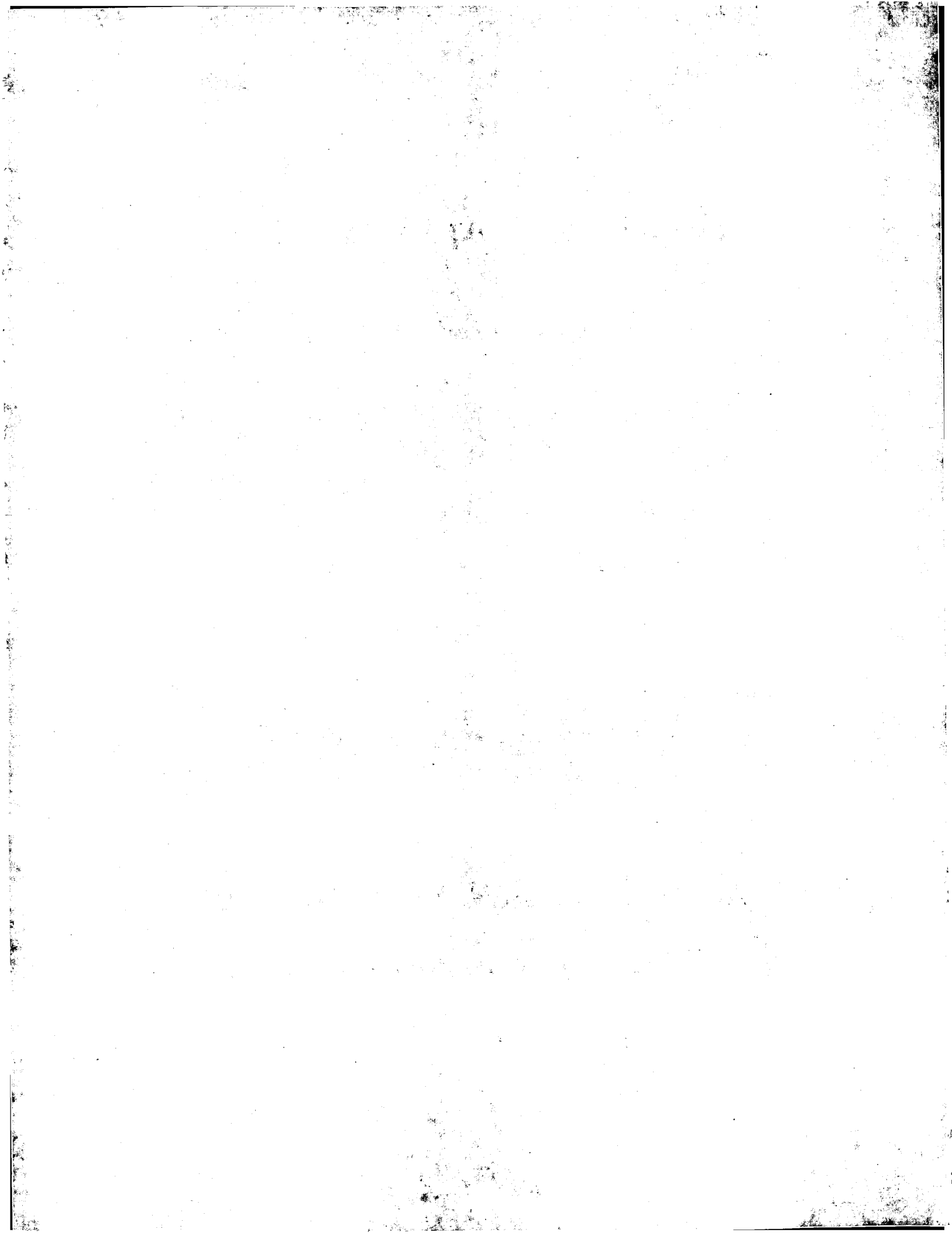
Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**





BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 24 SEP. 2003

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersburg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr

THIS PAGE BLANK (USPTO)



26 bis, rue de Saint Pétersbourg - 75800 Paris Cedex 08

Pour vous informer : INPI DIRECT

N° Indigo 0 825 83 85 87

0,15 € TTC/mm

Télécopie : 33 (0)1 53 04 52 65

Réservé à l'INPI

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354*03

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE page 1/2



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 @ W / 030103

REMISE DES PIÈCES DATE 6 JUIN 2003 LIEU 35 INPI RENNES N° D'ENREGISTREMENT 0306843 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE - 6 JUIN 2003 PAR L'INPI		1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE ■ CABINET REGIMBEAU Espace Performance Bâtiment K 35769 SAINT GREGOIRE CEDEX ■	
Vos références pour ce dossier (facultatif) 239667/D.20060R			
Confirmation d'un dépôt par télécopie		<input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie	
2 NATURE DE LA DEMANDE		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
<i>Demande de brevet initiale</i> <i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i>		N° _____ Date _____ N° _____ Date _____	
Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i>		<input type="checkbox"/> N° _____ Date _____	
3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) "Procédé d'obtention d'une structure comprenant au moins un substrat support et une couche ultramince"			
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)		<input checked="" type="checkbox"/> Personne morale <input type="checkbox"/> Personne physique	
Nom ou dénomination sociale		S.O.I.TEC SILICON ON INSULATOR TECHNOLOGIES	
Prénoms			
Forme juridique		Société Anonyme	
N° SIREN		3 8 4 7 1 1 9 0 9	
Code APE-NAF			
Domicile ou siège	Rue	Parc Technologique des Fontaines Chemin des Franques	
	Code postal et ville	3 8 1 9 0 BERNIN	
	Pays	FRANCE	
Nationalité		Française	
N° de téléphone (facultatif)		N° de télécopie (facultatif)	
Adresse électronique (facultatif)			
<input checked="" type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»			

Remplir impérativement la 2^{ème} page



BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE
page 2/2

BR2

REMISE DES PIÈCES DATE 6 JUIN 2003 LIEU 35 INPI RENNES N° D'ENREGISTREMENT 0306843 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI	DB 540 W / 210502
6 MANDATAIRE (s'il y a lieu)			
Nom		LE FAOU	
Prénom		Daniel	
Cabinet ou Société		CABINET REGIMBEAU	
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel			
Adresse	Rue	Espace Performance Bâtiment K	
	Code postal et ville	[3 5 7 6 19] SAINT GREGOIRE CEDEX	
	Pays	FRANCE	
N° de téléphone (facultatif)		02 23 25 26 50	
N° de télécopie (facultatif)		02 23 25 26 59	
Adresse électronique (facultatif)			
7 INVENTEUR (S)			
Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques			
Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)	
8 RAPPORT DE RECHERCHE			
Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)			
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> Établissement immédiat <input type="checkbox"/> Établissement différé	
Paiement échelonné de la redevance (en deux versements)		Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES			
Uniquement pour les personnes physiques			
<input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence): AG [] [] [] [] []			
10 SÉQUENCES DE NUCLEOTIDES ET/OU D'ACIDES AMINÉS			
<input type="checkbox"/> Cochez la case si la description contient une liste de séquences			
Le support électronique de données est joint		<input type="checkbox"/>	
La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe		<input type="checkbox"/>	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes		1 -	
11 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) Daniel LE FAOU Mandataire/CPI Brevet 92-1141		VISA DE LA PRÉFECTURE INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE RENNES	



BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354*03

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

Page suite N° 1.../1...



Réservé à l'INPI

REMISE DES PIÈCES

DATE

6 JUIN 2003

LIEU

35 INPI RENNES

0306843

N° D'ENREGISTREMENT

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 829 @ W / 210103

Vos références pour ce dossier (facultatif)		239667/D.20060R
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____
5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)		<input checked="" type="checkbox"/> Personne morale <input type="checkbox"/> Personne physique
Nom ou dénomination sociale		COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE
Prénoms		
Forme juridique		Etablissement public de caractère scientifique, technique et industriel
N° SIREN		_____
Code APE-NAF		_____
Domicile ou siège	Rue	31-33 rue de la Fédération
	Code postal et ville	17151715121 PARIS
	Pays	FRANCE
Nationalité		Française
N° de téléphone (facultatif)		
N° de télécopie (facultatif)		
Adresse électronique (facultatif)		
5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)		<input type="checkbox"/> Personne morale <input type="checkbox"/> Personne physique
Nom ou dénomination sociale		
Prénoms		
Forme juridique		
N° SIREN		_____
Code APE-NAF		_____
Domicile ou siège	Rue	
	Code postal et ville	_____
	Pays	
Nationalité		
N° de téléphone (facultatif)		
N° de télécopie (facultatif)		
Adresse électronique (facultatif)		
11 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		Daniel LE FAOU Mandataire/CPI Brevet 92-1141
		VISA DE LA PRÉFECTURE NATIONALE OU DE L'INPI PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE RENNES

La présente invention concerne un procédé d'obtention d'une structure comprenant au moins un substrat support et une couche ultramince d'un matériau notamment semi-conducteur, et éventuellement une couche intercalaire insérée entre les deux.

5 Au cours de la fabrication de substrats composites, notamment pour des applications dans les domaines de l'optique, l'électronique ou l'optoélectronique, on utilise des procédés de transfert de couche qui permettent de transférer une couche issue d'un substrat source, sur un substrat support.

10 L'un de ces procédés de transfert de couche consiste à implanter des espèces atomiques sous la surface d'un substrat source, de façon à y créer une zone de fragilisation qui délimite une couche mince. On procède ensuite à la mise en contact intime de la face libre de cette couche mince avec le substrat support, puis au détachement de ladite couche mince, du reste du substrat source et à son transfert sur le substrat support.

15 Ce type de procédé est connu sous la marque déposée "Smart Cut".

 L'évolution actuelle de la technologie consiste à essayer de transférer sur un support, des couches de plus en plus minces, de façon à obtenir des substrats composites à partir desquels on pourra fabriquer des composants électroniques dont la vitesse de fonctionnement sera encore plus rapide que celles des composants

20 existants.

 Sur ce sujet, on peut se reporter par exemple à l'article de Aaron Mand, "Value-Added Wafers Push Chips Ahead", Semiconductor International, novembre 2002.

 Toutefois, les tentatives effectuées jusqu'à présent ont montré que

25 lorsque la couche mince à transférer est très mince, c'est-à-dire inférieure à environ 100 nm, elle présentait des défauts qui n'apparaissent pas dans le cas du transfert d'une couche plus épaisse. Ainsi, elle ne supporte pas les traitements thermiques ultérieurs effectués soit pour renforcer son interface de collage avec le support, soit pour la détacher du substrat source. En effet, de tels traitements thermiques ont pour

30 conséquence d'augmenter la pression régnant dans les microbulles gazeuses présentes au niveau de la zone de fragilisation et d'entraîner leur dégazage. La couche très mince transférée présente alors de nombreux défauts, tels que des cloques ou une délamination partielle.

Par ailleurs, il semble que lorsque l'on transfère une couche très mince sur un substrat support, la qualité du collage obtenu est beaucoup plus sensible à la présence de particules ou d'hydrocarbure à la surface des couches à mettre en contact que lorsque l'on transfère une couche plus épaisse.

5 De même, lorsqu'il existe une couche intercalaire entre la couche mince à transférer et le substrat support, on a constaté que la couche mince transférée présente d'autant plus de défauts que cette couche intercalaire est mince.

La figure 1 jointe est un graphique représentant de façon théorique, l'épaisseur totale **ET** de la couche transférée, c'est-à-dire la somme des épaisseurs
10 de la couche mince et de la couche intercalaire, en fonction du nombre de défauts **ND** sur la structure finie, et ce pour une épaisseur donnée de couche intercalaire.

Comme on peut le voir sur cette figure qui est un schéma de principe, pour une épaisseur donnée de couche intercalaire (droite en trait plein), on aboutit à une épaisseur limite **EL₁** de la couche mince transférée en dessous de laquelle on ne
15 peut descendre, sauf à obtenir un transfert de couche défectueux. Pour une épaisseur plus faible encore de la couche intercalaire (droite en pointillés), l'épaisseur limite **EL₂** de la couche mince transférée est encore plus importante.

Dans le cas particulier des substrats SOI ("SOI" étant l'acronyme de l'expression anglo-saxonne "Silicon On Insulator" qui signifie "silicium sur
20 isolant") on réalise une implantation d'espèces atomiques, généralement des ions hydrogène, à la surface d'un substrat en silicium dont la surface extérieure est oxydée, puis on colle sur l'ensemble un second substrat en silicium. Après détachement puis recuit, on obtient le substrat SOI comprenant une couche de silicium massive recouverte d'une couche d'oxyde (SiO_2) et d'une couche de
25 silicium transférées, (voir l'article "Silicon on insulator material technology" de M.Bruel, *Electron Letter*, 31, 1201 (1995).

En dessous d'une certaine épaisseur de la couche d'oxyde enterrée, on constate que la couche de silicium transférée présente des défauts, ces derniers étant d'autant plus marqués que l'on utilise en outre un traitement thermique à haute
30 température. A ce sujet, on peut se référer à l'article de Q.-y. Tong, G. Cha, R. Gafiteau et U. Gösele, "Low temperature wafer direct bonding", *J. Microelectromech Syst.*, 3, 29, (1994).

Une explication possible concernant l'apparition de ces défauts est l'existence d'un dégazage au niveau de l'interface de collage entre la couche d'oxyde
35 de silicium et le second substrat en silicium.

Lors du traitement thermique de recuit, dit "traitement de stabilisation", intervenant après l'étape de détachement, il se forme un gaz au niveau de l'interface de collage. Dans le cas d'un substrat SOI épais, l'épaisseur de la couche transférée est importante et joue le rôle de raidisseur. Par ailleurs, on suppose que la couche d'oxyde également épaisse, joue un rôle d'éponge en absorbant les gaz dégagés au niveau de l'interface de collage.

Dans le cas d'un substrat SOI fin dans lequel la couche transférée et/ou la couche d'oxyde sont fines, les phénomènes précités d'absorption et d'effet raidisseur n'ont pas lieu et le dégazage conduit à un mauvais scellement de l'interface de collage.

Une autre explication possible est que dans les substrats SOI fins, l'hydrogène est implanté à faible profondeur par rapport à l'interface de collage. La couche transférée est donc gorgée d'hydrogène qui a tendance à migrer par diffusion en direction de l'interface de collage.

Les substrats SOI obtenus par les techniques actuelles comprennent des couches d'oxyde enterré (SiO_2) et de silicium superficiel dont les épaisseurs varient de 100 nm à 1,5 μm . Jusqu'à ce jour, il a été difficile d'obtenir des substrats SOI de bonne qualité dans lesquels ces deux couches sont d'une épaisseur moindre.

Les tentatives effectuées jusqu'à présent dans ce sens ont toutes eu pour objet de renforcer le collage entre les couches, sans pour autant permettre l'obtention de résultats satisfaisants.

La présente invention a pour but de résoudre les inconvénients précités et d'offrir un procédé permettant de reporter sur un substrat support, une couche transférée et éventuellement une couche intercalaire, dont les épaisseurs sont très faibles, c'est à dire inférieures à environ 50 nanomètres (50 nm), voire même inférieures à 20 nm. On parle alors de couches "ultra minces".

L'invention s'applique notamment à la fabrication de tous les substrats présentant un empilement de couches dont certaines sont sensibles au dégazage.

A cet effet, l'invention concerne un procédé d'obtention d'une structure comprenant au moins un substrat support et une couche ultra mince issue d'un substrat source notamment en matériau semi-conducteur, pour des applications dans les domaines de l'électronique, l'optoélectronique ou l'optique, ce procédé comprenant les étapes consistant à :

- a) coller par adhésion moléculaire un substrat support sur l'une des faces, dite "face avant", d'un substrat source qui présente intérieurement une zone

de fragilisation délimitant avec ladite face avant, une couche utile dite "couche à transférer" dont l'épaisseur est notablement plus grande que celle de ladite couche ultramince,

5 - b) détacher ledit substrat support et ladite couche utile à transférer, du reste du substrat source, le long de ladite zone de fragilisation, de façon à obtenir une structure intermédiaire comprenant au moins ladite couche utile transférée et ledit substrat support,

- c) procéder à l'amincissement de ladite couche utile transférée jusqu'à obtenir ladite couche ultra mince.

10 Selon d'autres caractéristiques avantageuses et non limitatives de l'invention, prises seules ou en combinaison :

- l'étape a) de collage par adhésion moléculaire du substrat support se fait sur une couche intercalaire présente sur la face avant dudit substrat source ;

15 - la couche utile à transférer de la structure intermédiaire présente une épaisseur au moins trois fois supérieure ou égale à celle de ladite couche ultramince obtenue à l'issue de l'étape c) d'amincissement ;

- l'épaisseur de ladite couche utile à transférer de la structure intermédiaire est supérieure ou égale à 300 nanomètres et celle de la couche ultramince est inférieure ou égale à 100 nanomètres ;

20 - l'épaisseur de la couche ultra mince est inférieure ou égale à 50 nanomètres ;

- l'épaisseur de ladite couche intercalaire est inférieure ou égale à 50 nanomètres ;

- ladite couche intercalaire est une couche de matériau isolant ;

25 - la couche intercalaire est une couche d'un matériau choisi parmi l'oxyde de silicium, le nitrure de silicium, les matériaux isolants à forte permittivité, le diamant et les combinaisons de ces matériaux ;

- l'amincissement est réalisé par au moins l'une des techniques suivantes parmi le polissage mécanico-chimique, le recuit sous une atmosphère 30 contenant de l'hydrogène, de l'argon ou un mélange des deux, l'oxydation sacrificielle et la gravure chimique ;

- on procède à un traitement de recuit thermique après l'étape a) de collage et avant l'étape c) d'amincissement ;

35 - le traitement de recuit thermique est effectué pendant l'étape b) de détachement ;

- le traitement de recuit thermique est effectué avant l'étape b) de détachement ;
- la zone de fragilisation est obtenue par implantation d'espèces atomiques ;
- 5 - la zone de fragilisation est une couche poreuse ;
- le détachement de l'étape b) comprend l'application de contraintes mécaniques et/ou thermiques ;
- la couche utile transférée est une couche comportant des motifs suspendus ;
- 10 - le substrat source est réalisé dans un matériau choisi parmi le silicium, le carbure de silicium, le germanium, le silicium germanium, les composés IV-IV et les composés III-V ou une combinaison de ces matériaux ;
- le substrat support est réalisé dans un matériau choisi parmi le silicium, le carbure de silicium, le germanium, le silicium germanium, les composés
- 15 IV-IV et les composés III-V ou une combinaison de ces matériaux.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description qui va maintenant en être faite en référence aux dessins annexés qui en représentent, à titre indicatif mais non limitatif, des modes de réalisation possibles.

20 Sur ces dessins :

- la figure 1 est un graphique représentant l'épaisseur totale **ET** d'une couche transférée (couche mince et couche intercalaire), en fonction du nombre de défauts **ND** observés sur la structure finie, pour deux épaisseurs différentes de ladite couche intercalaire ;
- 25 - les figures 2A à 2E et 3A à 3E illustrent les étapes successives de deux variantes du procédé conforme à l'invention.

Les figures 2A à 2E et 3A à 3E sont des schémas sur lesquels les différentes couches et leurs épaisseurs ne sont pas représentées à l'échelle et ont pour certaines été volontairement agrandies à des fins de clarification.

30 En se reportant à la figure 2A, on peut voir un substrat source 1 qui présente intérieurement une zone de fragilisation 12, délimitant deux parties, à savoir une couche utile 13 à transférer et un reste 14 ou partie arrière de ce substrat source.

Il présente une face 10, dite "face avant" destinée à venir au contact

35 d'un substrat support 3 et située du côté de la couche utile 13 à transférer et une face opposée 11, dite "face arrière".

La zone de fragilisation 12 peut être obtenue par implantation d'espèces atomiques.

Par l'expression "implantation d'espèces atomiques", on entend tout bombardement d'espèces atomiques, moléculaires ou ioniques, susceptible d'introduire ces espèces dans un matériau, avec un maximum de concentration de ces espèces situé à une profondeur déterminée par rapport à la surface bombardée 10. Les espèces atomiques moléculaires ou ioniques sont introduites dans le matériau avec une énergie également distribuée autour d'un maximum.

L'implantation des espèces atomiques dans ledit substrat source 1 peut être réalisée par exemple, grâce à un implanteur par faisceau d'ions ou un implanteur par immersion dans un plasma.

De préférence, cette implantation est réalisée par bombardement ionique. De préférence, l'espèce ionique implantée est de l'hydrogène. D'autres espèces ioniques peuvent avantageusement être utilisées seules ou en combinaison avec l'hydrogène, telles les gaz rares (l'hélium par exemple).

Cette implantation a pour effet de créer dans le volume du substrat source 1 et à une profondeur moyenne de pénétration des ions, la zone de fragilisation 12, sensiblement parallèlement au plan de la face avant 10.

On pourra par exemple se référer à la littérature concernant le procédé connu sous la marque déposée "mart Cut".

La zone de fragilisation 12 peut également être constituée par une couche poreuse obtenue, par exemple, par le procédé décrit dans le document EP-0 849 788.

La couche utile 13 à transférer peut également être une couche dont la face avant 10 présente des cavités obtenues par gravure, une telle couche étant connue de l'homme du métier sous la dénomination de "couche à motifs suspendus". Une telle couche est utilisée dans la réalisation de composants mécaniques micro électriques connus sous l'acronyme de "MEMS", de l'expression anglaise "Micro Electronical Mechanical Systems".

Le substrat support 3 a un rôle de support mécanique et présente à ce titre une épaisseur de plusieurs centaines de micromètres (typiquement environ 300µm).

Il présente une face avant 30 destinée à venir au contact de la face avant 10 du substrat source 1 et une face opposée 31, dite "face arrière".

Le substrat source 1 et le substrat support 3 peuvent être constitués de n'importe quel matériau, notamment ceux utilisés couramment dans les applications des domaines de l'électronique, l'optoélectronique ou l'optique, tels que les matériaux semi-conducteurs.

5 A titre d'exemple illustratif, on peut utiliser comme matériau constitutif du substrat support 3 et du substrat source 1, le silicium, matériau fréquemment utilisé dans les applications précitées, le carbure de silicium le germanium, le silicium germanium, les composés IV-IV et les composés III-V ou une combinaison de ces matériaux, c'est-à-dire un substrat multi-couches
10 comprenant au moins deux couches de matériaux choisis parmi ceux précités.

Les composés IV-IV, sont des composés dont les deux éléments appartiennent à la colonne IVa de la classification périodique des éléments. Les composés III-V sont des composés dont l'un des éléments appartient à la colonne IIIa de la classification périodique et l'autre à la colonne Va, tels que par exemple,
15 le nitrure de gallium (GaN), l'arséniure de gallium (AsGa) ou le phosphure d'indium (InP).

Quel que soit le mode d'obtention de la zone de fragilisation 12, celle-ci sera formée de façon que la couche utile 13 à transférer présente une épaisseur très importante par rapport à l'épaisseur de la couche finale que l'on
20 souhaite obtenir sur le substrat support 3.

Les caractéristiques concernant l'épaisseur de cette couche à transférer 13 seront décrites ultérieurement.

Comme représenté sur la figure 2B, la face avant 30 du substrat support 3 est ensuite collée par adhésion moléculaire contre la face avant 10 du
25 substrat source 1.

De façon avantageuse, on effectue alors un traitement de recuit thermique de l'empilement ayant pour fonction de renforcer l'interface de collage entre la face avant 10 du substrat source 1 et la face avant 30 du substrat support 3. Ce traitement thermique est effectué à une température appropriée en fonction de la
30 nature chimique des matériaux en contact.

Comme représenté sur la figure 2C, on procède ensuite au détachement du substrat support 3 et de la couche à transférer 13, du reste 14 du substrat source 1, le long de la zone de fragilisation 12.

Ce détachement est effectué par exemple par application de
35 contraintes d'origine mécanique qui sont généralement des contraintes de traction et/ou de flexion et/ou de cisaillement.

Ces contraintes peuvent être appliquées par exemple, par un bâti de traction, par une ou plusieurs lames introduite(s) sur le côté de l'empilement de couches précité, au niveau de la zone de fragilisation 12 ou par un jet de fluide (liquide ou gaz), appliqué latéralement au niveau de cette même zone de fragilisation.

L'application de ces contraintes d'origine mécanique permet de favoriser la propagation d'une fissure au niveau de la zone de fragilisation 12.

Ce détachement peut également être effectué par application de contraintes d'origine thermique.

Les contraintes d'origine mécanique et d'origine thermique peuvent également être combinées.

On obtient ainsi une structure intermédiaire référencée 4 comprenant le substrat support 3 et la couche utile 13 qui est alors dénommée "couche transférée".

Comme illustré sur la figure 2D, on procède ensuite à une étape d'amincissement de la couche utile 13 transférée (flèche A), jusqu'à obtenir une couche ultramince, référencée 130 (voir figure 2E).

La structure finale obtenue, référencée 5, comprend le support 3 et la couche ultramince 130.

L'amincissement peut être effectué par l'une ou l'autre ou plusieurs des techniques suivantes choisies par exemple parmi le polissage mécanico-chimique (CMP), le recuit dans une atmosphère contenant de l'hydrogène et/ou de l'argon, l'oxydation sacrificielle, la gravure chimique sèche ou humide.

Le polissage mécanico-chimique est une technique combinant un polissage mécanique effectué par le passage d'une tête de polissage rotative sur la surface libre 131 de la couche transférée 13 et un polissage chimique mis en œuvre par distribution d'un abrasif sous forme pâteuse ou liquide, tel qu'une silice colloïdale, entre la surface de cette tête de polissage et la surface 131 à polir.

Le recuit dans une atmosphère contenant de l'hydrogène et/ou de l'argon consiste à faire recuire la structure intermédiaire 4 dans une telle atmosphère, à une température d'environ 1050°C à environ 1350°C, pendant quelques dizaines de seconde à quelques dizaines de minutes. Ce recuit permet un réarrangement des atomes de la surface 131 qui se déplacent jusqu'à atteindre un niveau énergétique stable conduisant à un lissage de la surface 131 et donc à une diminution de l'épaisseur (amincissement) de la couche 13.

L'oxydation sacrificielle consiste à chauffer la surface libre 131 sous une atmosphère oxydante jusqu'à former une couche d'oxyde que l'on élimine et à répéter plusieurs fois cette opération jusqu'à atteindre l'épaisseur souhaitée pour la couche ultramince 130.

5 Enfin, les opérations de gravure chimique comprennent la gravure humide effectuée dans un bain de produits chimiques ou la gravure sèche effectuée dans un plasma de gaz qui grave la couche transférée 13. La gravure sèche peut également être effectuée par bombardement ionique, par exemple d'argon, qui par un effet mécanique balistique diminue l'épaisseur de la couche 13, jusqu'à
10 l'obtention de la couche ultramince 130.

L'épaisseur finale de la couche ultramince 130 obtenue à l'issue de l'étape d'amincissement est inférieure ou égale à 100 nanomètres (100 nm), voire même inférieure ou égale à 50 nanomètres (50 nm).

Le traitement de recuit thermique décrit précédemment et visant à
15 renforcer l'interface de collage entre la face avant 10 du substrat source 1 et la face avant 30 du support 3 peut également être effectué pendant l'étape de détachement ou après celle-ci, mais toujours avant l'étape d'amincissement. Ces traitements thermiques de recuit peuvent également être répétés plusieurs fois entre le collage et l'amincissement.

20 On notera que lorsque le recuit thermique est effectué pendant l'étape de détachement, il est possible d'effectuer un unique traitement thermique selon une courbe de température croissante.

Ainsi par exemple, lorsque le substrat source 1 est du silicium, le détachement le long de la zone de fragilisation 12 se réalise à environ 500°C, puis
25 lorsque l'on atteint une température d'au moins 1000°C que l'on maintient pendant quelques heures, se produit le renforcement de l'interface de collage.

Conformément à l'invention et contrairement à ce qui est réalisé actuellement dans l'état de la technique, le procédé d'obtention d'une couche ultramince 130 consiste à passer par une étape intermédiaire (obtention d'une
30 structure intermédiaire 4) au cours de laquelle on transfère une couche utile 13 d'une épaisseur notablement plus grande que celle de la couche ultramince 130 que l'on souhaite obtenir à la fin du procédé.

L'expression "notablement plus grande" signifie que la couche à transférer 13 présente une épaisseur suffisante pour supporter les différents
35 traitements thermiques précités de détachement ou de renforcement de son interface

de collage avec le substrat support 3, et ce, sans que cela entraîne la formation de défauts ou de cloques au niveau de cette interface.

De préférence, l'épaisseur de la couche à transférer 13 est au moins trois fois celle de la couche ultramince 130. De préférence encore, l'épaisseur de cette couche 13 est supérieure ou égale à 300 nanomètres alors que par comparaison, la couche ultramince 130 est inférieure ou égale à 100 nanomètres, voire même inférieure ou égale à 50 nanomètres.

Les figures 3A à 3E illustrent une variante de réalisation du procédé décrit précédemment conjointement avec les figures 2A à 2E.

Selon cette variante, une couche intercalaire 2 est intercalée entre la face avant 10 du substrat source 1 et la face avant 30 du substrat support 3 (voir figure 3B).

Comme on peut le voir sur la figure 3A, cette couche intercalaire 2 est formée avant l'étape de collage par adhésion moléculaire, de préférence sur la face avant 10 du substrat support 1. Toutefois, elle pourrait également être formée sur la face avant 30 du substrat support 3 ou sur ces deux faces avant 10 et 30.

Cette couche intercalaire 2 peut être obtenue par exemple par une technique de dépôt chimique en phase vapeur connue sous l'acronyme CVD, de la terminologie anglaise "Chemical Vapor Deposition" ou par des techniques d'épithaxie, à savoir par exemple l'épithaxie en phase vapeur d'organo-métallique ("MOCVD" de l'expression anglaise "Metal Organic Chemical Vapor Deposition"), l'épithaxie par jet moléculaire ("MBE" de l'expression anglaise "Molecular Beam Epitaxy") ou l'épithaxie en phase de vapeurs d'hydrure ("HVPE" de l'expression anglaise "Hydride Vapor Phase Epitaxy").

Lorsque cette couche intercalaire 2 est un oxyde, elle peut également être obtenue par oxydation du substrat massif 1.

Lorsque la zone de fragilisation 12 est obtenue par implantation d'espèce atomique, le dépôt de la couche intercalaire 2 est effectué de préférence avant l'implantation. L'élévation importante de la température liée au procédé de dépôt est en effet susceptible d'être préjudiciable à la couche de fragilisation 12.

Par contre, lorsque la zone de fragilisation 12 est une couche poreuse, la couche intercalaire 2 est déposée après la formation de cette zone poreuse et de la couche utile 13 à transférer, cette dernière étant généralement obtenue par une reprise d'épithaxie.

Cette couche intercalaire 2 peut être constituée par exemple d'une couche d'un matériau isolant, notamment de l'oxyde de silicium (SiO_2), du nitrure

de silicium (Si_3N_4), du diamant, un matériau isolant à forte permittivité ou d'une combinaison de ces matériaux, par exemple l'oxynitride de silicium. Cette couche intercalaire 2 peut également être composée de plusieurs couches des différents matériaux précités, (matériau multi-couches).

5 Les autres étapes du procédé sont identiques à celles qui viennent d'être décrites et ne seront donc pas reprises en détail. On notera qu'après l'étape de détachement représentée sur la figure 3C, on obtient une structure intermédiaire 4' comprenant le support 3, la couche intercalaire 2 et la couche reportée 13.

On obtient à l'issue de l'opération d'amincissement, un substrat support 3 supportant successivement la couche intercalaire 2 puis la couche ultramince 130 et formant une structure finale référencée 5'.

De préférence, la couche intercalaire 2 est de faible épaisseur, c'est à dire inférieure ou égale à 50 nm (50 nanomètres).

Grâce au procédé selon l'invention, on peut ainsi obtenir un substrat de type SOI dont la couche intercalaire d'oxyde de silicium et la couche de silicium superficielle présentent toutes deux des épaisseurs inférieures à 50 nm, ce qui n'était pas possible jusqu'à présent.

Deux exemples particuliers de réalisation du procédé conforme à l'invention vont maintenant être décrits.

20 Exemple 1 :

On procède à l'oxydation thermique d'un substrat source 1 en silicium massif de façon à recouvrir celui-ci d'une couche intercalaire 2 d'oxyde de silicium (SiO_2) de 50 nanomètres (50 nm) d'épaisseur.

On forme ensuite la zone de fragilisation 12 par implantation d'ions hydrogène H^+ selon une dose d'implantation de $8.10^{16} \text{ H}^+/\text{cm}^2$ et une énergie d'implantation de 210 keV, de façon à obtenir une couche à transférer 13 d'une épaisseur de 1,9 μm (1,9 micromètres).

On procède alors au collage par adhésion moléculaire d'un substrat support 3 en silicium massif sur ladite couche d'oxyde 2.

30 On réalise ensuite le détachement du reste 14 du substrat source 1 par un traitement thermique inférieur à 500°C et le renforcement de l'interface de collage par un traitement thermique à plus de 1000°C.

On réalise enfin l'amincissement par polissage et oxydation sacrificielle, jusqu'à obtenir une structure finale 5' dont la couche de silicium ultramince 130 est d'une épaisseur de 50 nm, voire même de 20 nm si cette étape d'amincissement est poursuivie.

Exemple 2 :

On procède comme dans l'exemple 1, si ce n'est que la couche d'oxyde de silicium 2 fait 20 nanomètres d'épaisseur.

Exemple 3 :

5 On procède comme dans l'exemple 1 mais avec une dose d'implantation de $7 \cdot 10^{16} \text{ H}^+/\text{cm}^2$ et une énergie d'implantation de 160 Kev, de sorte que la couche à transférer 13 présente une épaisseur de $1,5 \mu\text{m}$ (1,5 micromètres).

Exemple 4 :

10 On procède comme dans l'exemple 3 mais avec une couche d'oxyde de silicium 2 d'une épaisseur de 20 nanomètres.

REVENDICATIONS

1. Procédé d'obtention d'une structure (5, 5') comprenant au moins un substrat support (3) et une couche ultramince (130) issue d'un substrat source (1) notamment en matériau semi-conducteur, pour des applications dans les domaines de l'électronique, l'optoélectronique ou l'optique, ce procédé comprenant les étapes
- 5 consistant à :
- a) coller par adhésion moléculaire un substrat support (3) sur l'une des faces (10), dite "face avant", d'un substrat source (1) qui présente intérieurement une zone de fragilisation (12) délimitant avec ladite face avant (10), une couche utile (13) dite "couche à transférer" dont l'épaisseur est notablement plus grande que
 - 10 celle de ladite couche ultramince (130),
 - b) détacher ledit substrat support (3) et ladite couche utile (13) à transférer, du reste (14) du substrat source (1), le long de ladite zone de fragilisation (12), de façon à obtenir une structure intermédiaire (4, 4') comprenant au moins ladite couche utile (13) transférée et ledit substrat support (3),
 - 15 - c) procéder à l'aminçissement de ladite couche utile (13) transférée jusqu'à obtenir ladite couche ultra mince (130).
2. Procédé selon la revendication 1 d'obtention d'une structure (5') comprenant un substrat support (3), une couche ultra mince (130) issue d'un substrat source (1) notamment en matériau semi-conducteur et une couche intercalaire (2)
- 20 insérée entre ledit substrat support (3) et cette couche ultra mince (130), caractérisé en ce que l'étape a) de collage par adhésion moléculaire du substrat support (3) se fait sur une couche intercalaire (2) présente sur la face avant (10) dudit substrat source (1).
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la
- 25 couche utile (13) à transférer de la structure intermédiaire (4, 4') présente une épaisseur au moins trois fois supérieure ou égale à celle de ladite couche ultramince (130) obtenue à l'issue de l'étape c) d'aminçissement.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'épaisseur de la couche utile (13) à transférer de la structure
- 30 intermédiaire (4, 4') est supérieure ou égale à 300 nanomètres et en ce que celle de la couche ultramince (130) est inférieure ou égale à 100 nanomètres.
5. Procédé selon la revendication 3 ou 4, caractérisé en ce que l'épaisseur de la couche ultra mince (130) est inférieure ou égale à 50 nanomètres.

6. Procédé l'une quelconque des revendications 2 à 5, caractérisé en ce que l'épaisseur de ladite couche intercalaire (2) est inférieure ou égale à 50 nanomètres.

5 7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 6, caractérisé en ce que ladite couche intercalaire (2) est une couche de matériau isolant.

8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que la couche intercalaire (2) est une couche d'un matériau choisi parmi l'oxyde de silicium, le nitrure de silicium, les matériaux isolants à forte permittivité, le diamant et les
10 combinaisons de ces matériaux.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'amincissement est réalisé par au moins l'une des techniques suivantes parmi le polissage mécanico-chimique, le recuit sous une atmosphère contenant de l'hydrogène ou de l'argon ou un mélange des deux, l'oxydation sacrificielle et la gravure chimique.
15

10. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'on procède à un traitement de recuit thermique après l'étape a) de collage et avant l'étape c) d'amincissement.

11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que le
20 traitement de recuit thermique est effectué pendant l'étape b) de détachement.

12. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que le traitement de recuit thermique est effectué avant l'étape b) de détachement.

13. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la zone de fragilisation (12) est obtenue par implantation d'espèces atomiques.
25

14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que la zone de fragilisation (12) est une couche poreuse.

15. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le détachement de l'étape b) comprend l'application de contraintes mécaniques et/ou thermiques.
30

16. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la couche utile (13) transférée est une couche comportant des motifs suspendus.

17. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le substrat source (1) est réalisé dans un matériau choisi parmi
35

le silicium, le carbure de silicium, le germanium, le silicium germanium, les composés IV-IV et les composés III-V ou une combinaison de ces matériaux.

- 5 18. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le substrat support (3) est réalisé dans un matériau choisi parmi le silicium, le carbure de silicium, le germanium, le silicium germanium, les composés IV-IV et les composés III-V ou une combinaison de ces matériaux.

Fig. 1

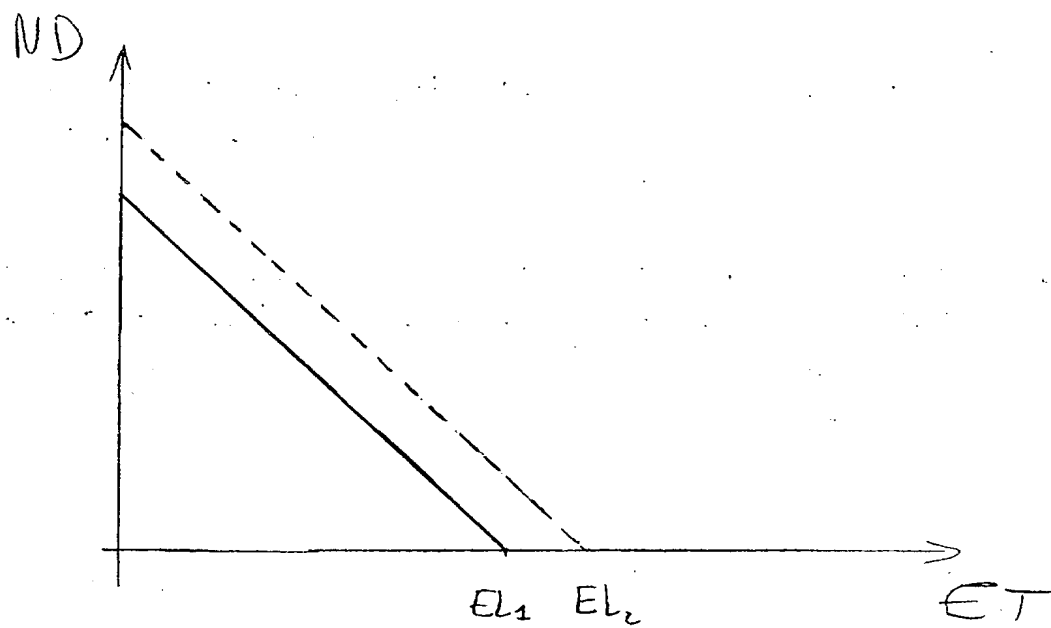


Fig. 2A

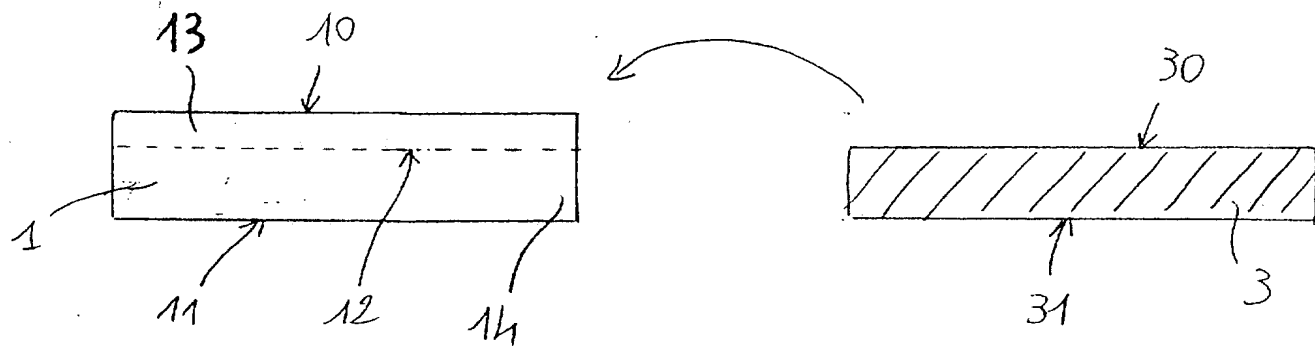
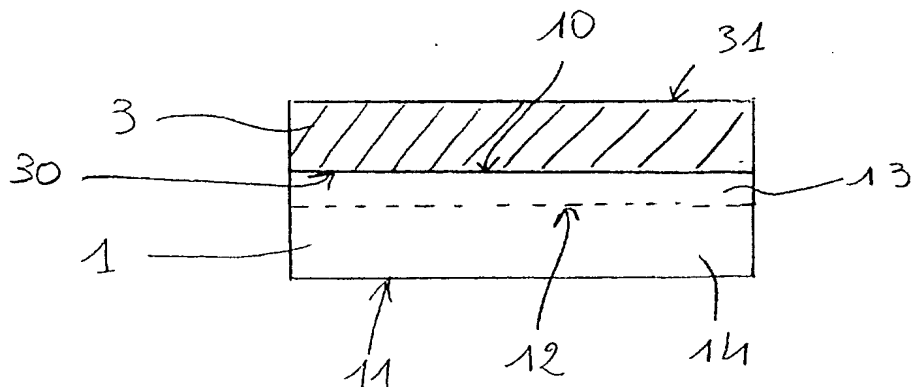


Fig. 2B



1 / 4

FIG.1

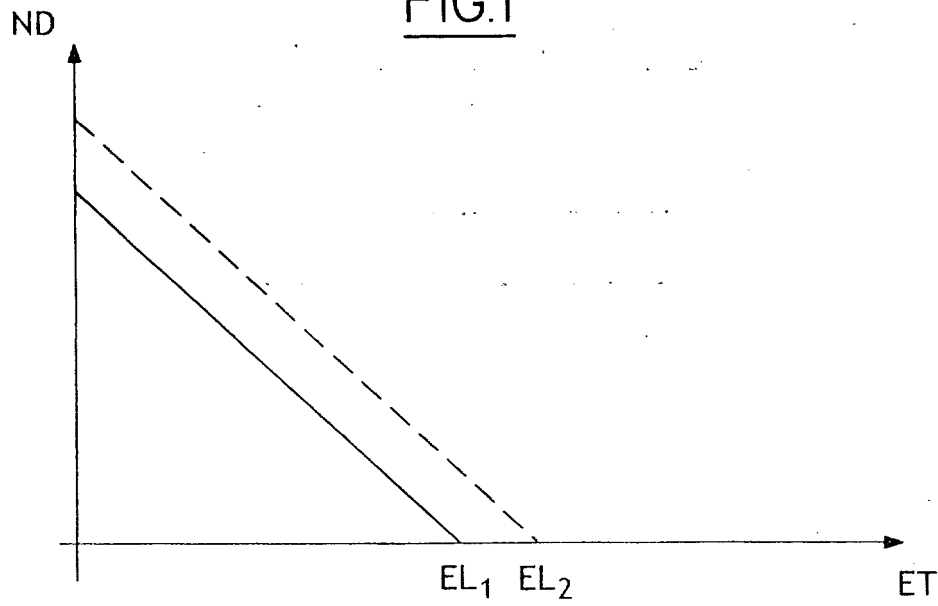


FIG.2A

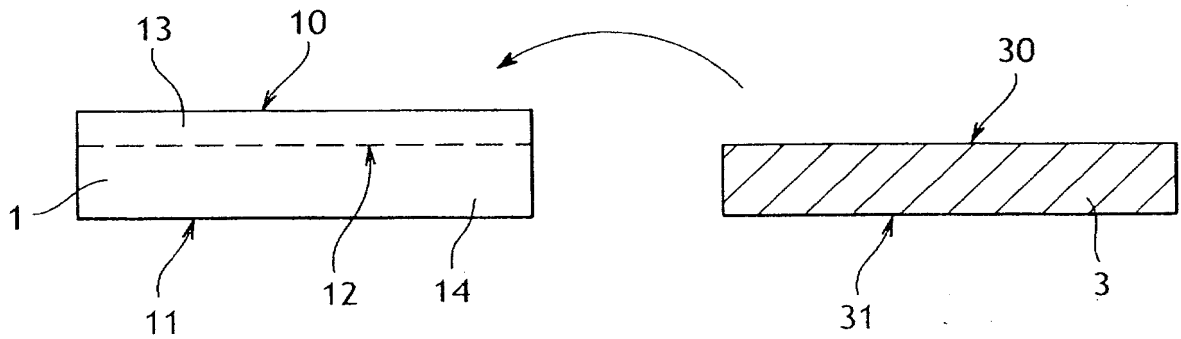


FIG.2B

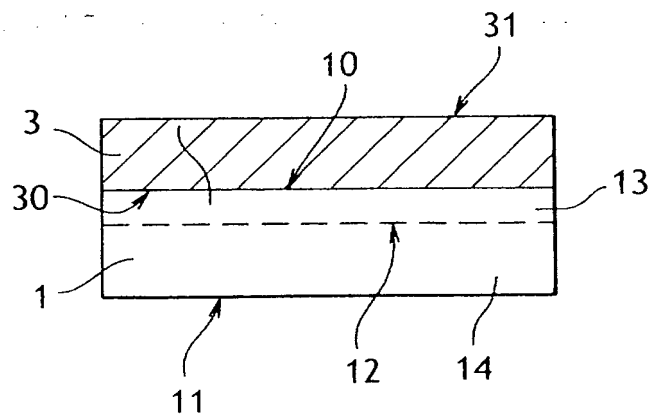
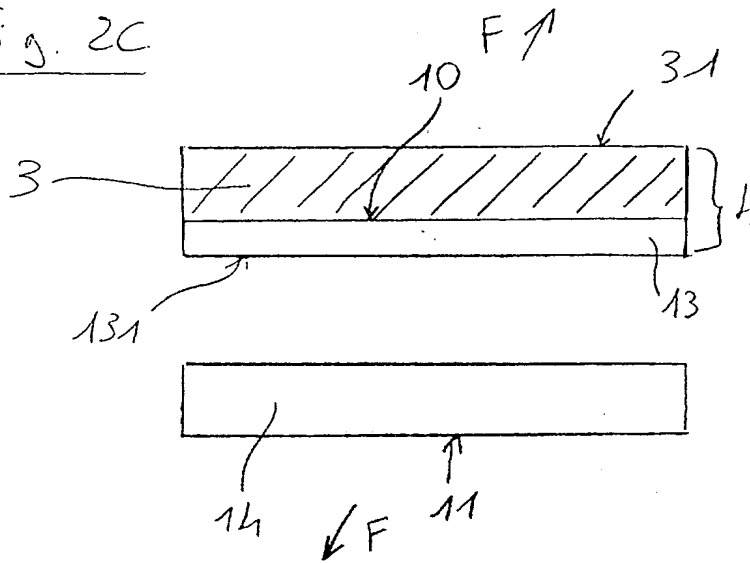
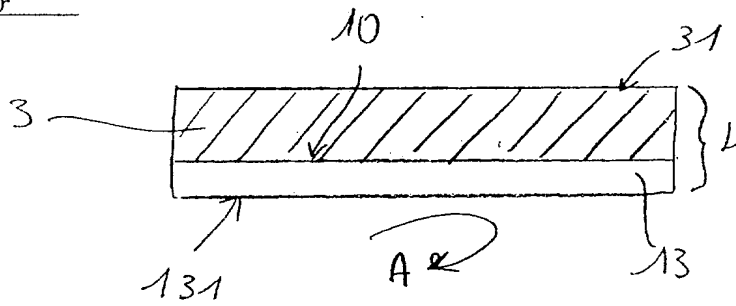
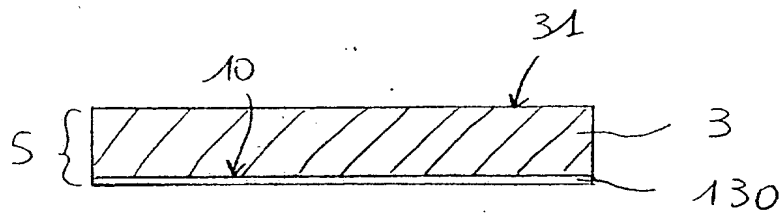


Fig. 2CFig. 2DFig. 2E

2 / 4

FIG.2C

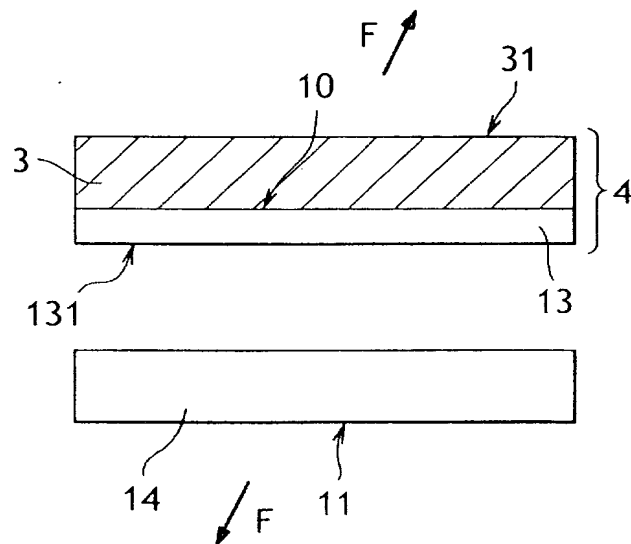


FIG.2D

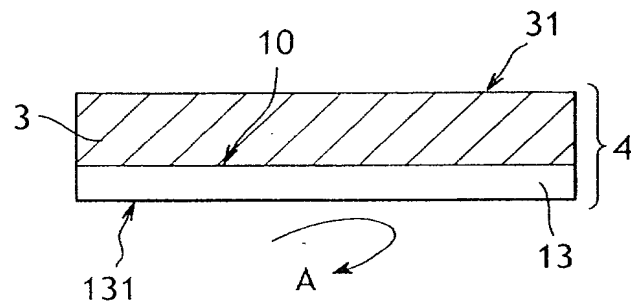


FIG.2E

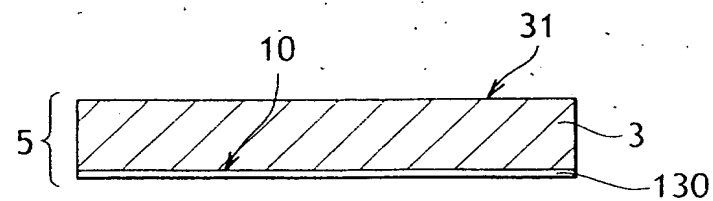


Fig. 3A

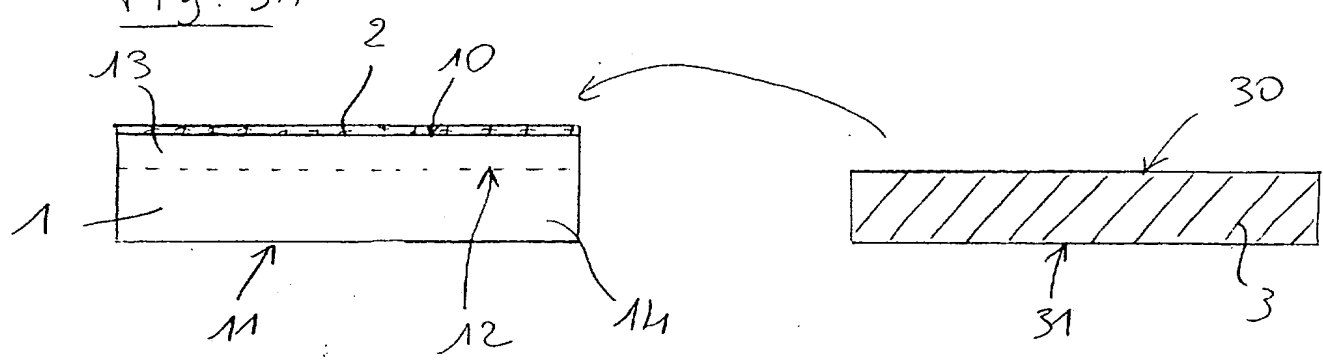


Fig. 3B

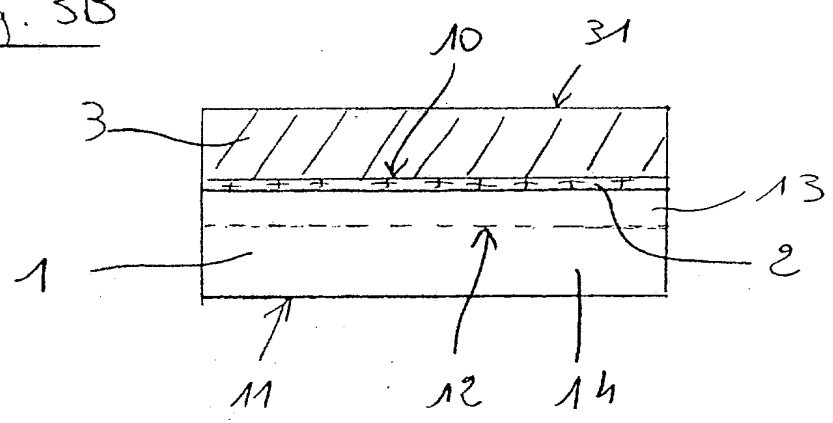
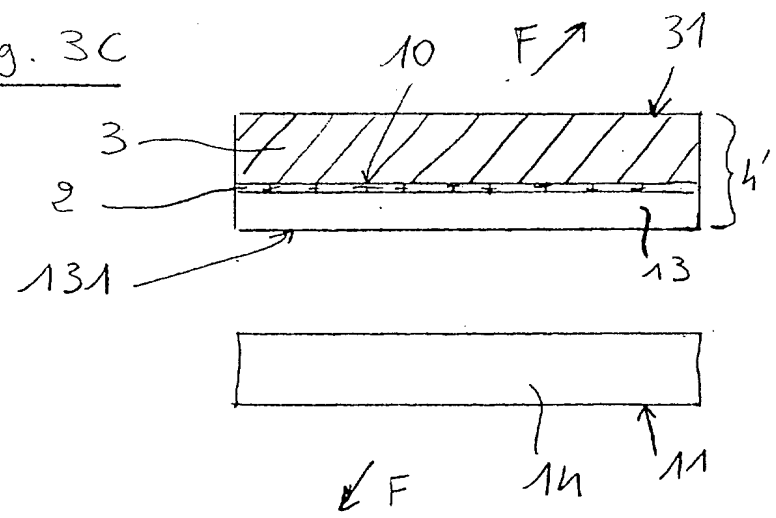


Fig. 3C



3 / 4

FIG.3A

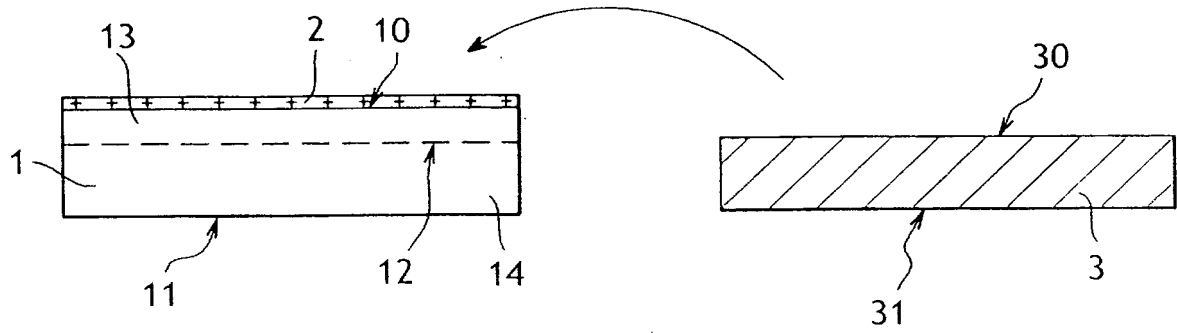


FIG.3B

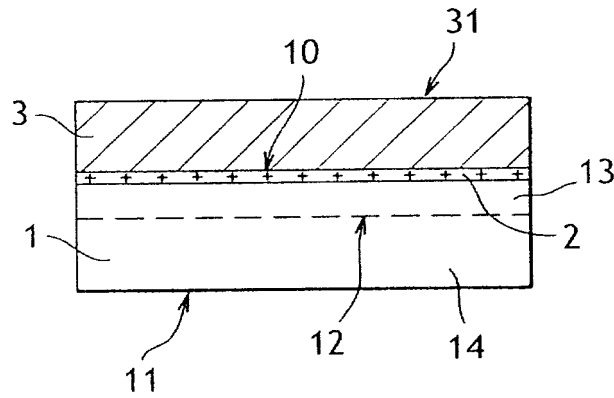


FIG.3C

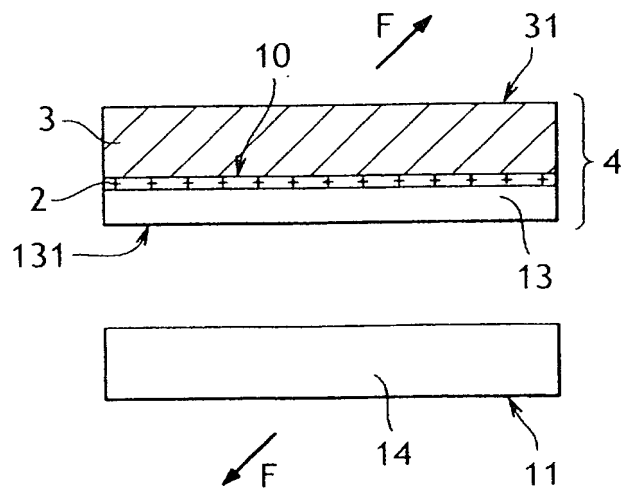


Fig. 3D

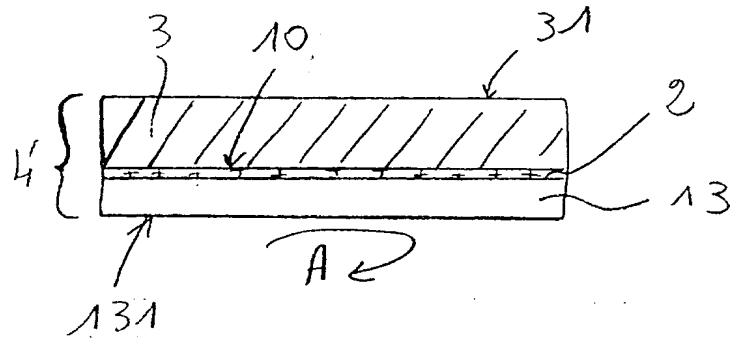


Fig. 3E

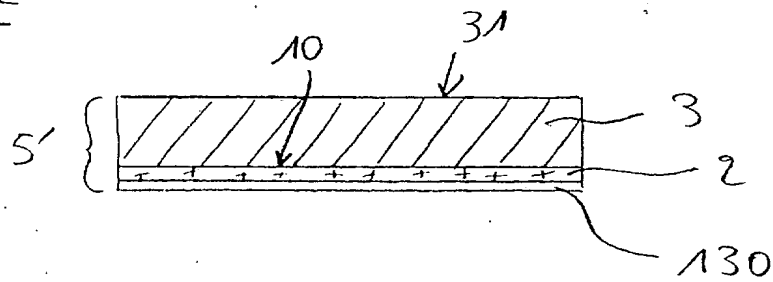


FIG.3D

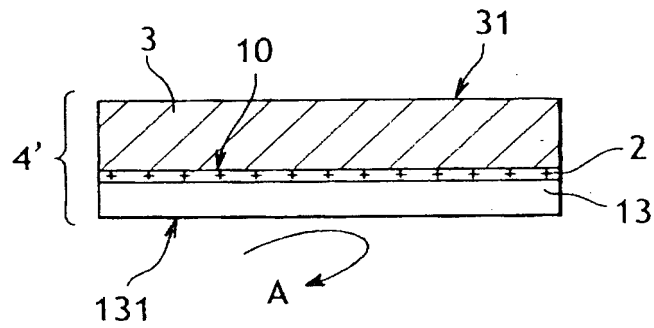
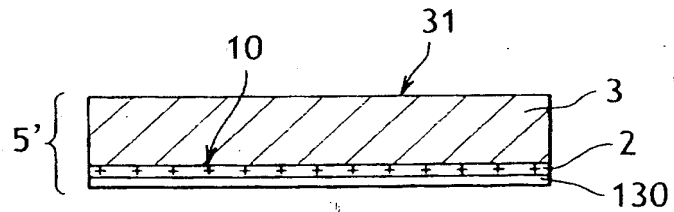


FIG.3E





26 bis, rue de Saint Pétersbourg - 75800 Paris Cedex 08

Pour vous informer : INPI DIRECT

N° Indigo 0 825 83 85 87
0,15 € TTC/min

Télécopie : 33 (0)1 53 04 52 65

BREVET D'INVENTION**CERTIFICAT D'UTILITÉ**

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

cerfa
N° 11235*03

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1.../2...

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 G W / 210103



Vos références pour ce dossier (facultatif)		
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		239667/D.20060R <i>030 6843</i>
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)		
"Procédé d'obtention d'une structure comprenant au moins un substrat et une couche ultramince"		
LE(S) DEMANDEUR(S) :		
S.O.I.TEC SILICON ON INSULATOR TECHNOLOGIES		
COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE		
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :		
1	Nom	AULNETTE
	Prénoms	Cécile
Adresse	Rue	3 Place des Tilleuls
	Code postal et ville	<i>[3 1 8 1 0 1 0]</i> GRENOBLE
Société d'appartenance (facultatif)		S.O.I.TEC
2	Nom	BATAILLOU
	Prénoms	Benoît
Adresse	Rue	12 rue des Bains
	Code postal et ville	<i>[3 1 8 1 0 1 0]</i> GRENOBLE
Société d'appartenance (facultatif)		S.O.I.TEC
3	Nom	GHYSELEN
	Prénoms	Bruno
Adresse	Rue	58 rue Georges Maeder
	Code postal et ville	<i>[3 1 8 1 1 7 1 0]</i> SEYSSINET
Société d'appartenance (facultatif)		S.O.I.TEC
S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.		
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		
Saint Grégoire le 6 juin 2003 Daniel LE FAOU Mandataire/CPI Brevet 92-1141		



26 bis, rue de Saint Pétersbourg - 75800 Paris Cedex 08

Pour vous informer : INPI DIRECT

N° Indigo 0 825 83 85 87
0,15 € TTC/min

Télécopie : 33 (0)1 53 04 52 65

BREVET D'INVENTION**CERTIFICAT D'UTILITÉ**

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

cerfa
N° 11235*03

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 2.../2...

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 @ W / 210103



Vos références pour ce dossier (facultatif)		
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		239667/D.20060R 0306843
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)		
"Procédé d'obtention d'une structure comprenant au moins un substrat et une couche ultramince"		
LE(S) DEMANDEUR(S) :		
S.O.I.TEC SILICON ON INSULATOR TECHNOLOGIES		
COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE		
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :		
1	Nom	MORICEAU
	Prénoms	Hubert
Adresse	Rue	26 rue Fournet
	Code postal et ville	31811 SAINT EGREVE
Société d'appartenance (facultatif)		C.E.A
2	Nom	
	Prénoms	
Adresse	Rue	
	Code postal et ville	
Société d'appartenance (facultatif)		
3	Nom	
	Prénoms	
Adresse	Rue	
	Code postal et ville	
Société d'appartenance (facultatif)		
S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.		
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		
Saint Grégoire le 6 juin 2003 Daniel LE FAOU Mandataire/CPI Brevet 92-1141		